CROMOSOMAS EN *CARDIOSPERMUM* Y *DIPLOKELEBA* (*SAPINDACEAE*), SIGNIFICADO TAXONOMICO Y EVOLUTIVO

por MARIA SILVIA FERRUCCI*

Summary

The karyotype of three species of the genus *Cardiospermum* L. was analyzed: *C. pterocarpum* Radlk. (2n= 22: 16 m + 6 sm); *C. integerrimum* Radlk. (2n= 14: 8m + 2 sm + 2 st + 2 t) and *C. grandiflorum* (2n = 20: 16 m + 4 sm). The former counts are new records.

The basic number x= 7 found in *C. integerrimum* establishes the lowest haploid number known not only for *Sapindaceae* but Sapindales from the New World as well. The karyotypes of *C. integerrimum* and *C. grandiflorum*, the only species of section *Ceratadenia* Radlk., are compared. Evolutionary value of main morphological characters, that make it possible recognise these two species, and their relationship with the rest of the genus are discussed.

The first count for the genus *Diplokeleba* N.E. Brown, *D. floribunda* N.E. Brown (2n= 30) is also reported.

Cardiospermum L. (*Paullinieae*) es un género de distribución pantropical. con 14 especies distribuidas en las secciones *Cardiospermum*. *Ceratadenia* Radlk. y *Carphospermum* Radlk. (Radlkofer. 1878): en Sudamérica están representadas las 3 secciones con un

* Miembro de la Carrera del Investigador Científico y Tecnológico – CONICET. Instituto de Botánica del Nordeste (UNNE–CONICET). C.C. 209 – 3400 Corrientes. Argentina.

total de 10 especies. Los recuentos cromosómicos conocidos para el género son: *C. corindum* L., 2n= 22 (Diers, 1961), *C. halicacabum* L., 2n= 22 (Sugiura, 1931; Bowden, 1945; Kadry, 1951; Guervin, 1961; Koul & al., 1976), *C. halicacabum* var. *microcarpum* (H.B.K.) Blume, 2n= 22 (Ferrucci, 1981) y *C. grandiflorum* Sw., 2n= 20 (Ferrucci, 1981). Las especies enumeradas pertenecen a la sección *Cardiospermum* a excepción de *C. grandiflorum*.

Diplokeleba N.E. Brown *(Cupanieae)*, género sudamericano del que no se tenían datos cariológicos, cuenta con sólo 2 especies, *D. herzogi* Radlk. conocida sólo sobre la base del ejemplar tipo coleccionado en Bolivia y *D. floribunda* N.E. Brown que vive en Brasil (Mato Grosso do Sul), Bolivia, Paraguay y NE de Argentina donde es un elemento común del bosque chaqueño. En Argentina se la conoce con los nombres vernáculos de "urunday blanco", "palo piedra", "ibirá–itá" y "urunday–rá".

En esta contribución se dan a conocer los números cromosómicos de *C. pterocarpum* Radlk., *C. integerrimum* Radlk. y *D. floribunda*. Se describen los cariotipos de *C. pterocarpum*, *C. integerrimum* y *C. grandiflorum*. Se discuten estos resultados en relación a la taxonomía y posición filogenética de las especies estudiadas.

Materiales y métodos

Los recuentos fueron efectuados a partir de raicillas de plantas cultivadas *(C. pterocarpum)* o de semillas germinadas en el laboratorio, pretratadas con 8–hidroxiquinoleína (0,002 M) durante 3 ó 4 horas. El material fue fijado en alcohol absoluto–ácido acético (3:1); conservado en alcohol 70° en refrigerador. Para su coloración se usó la técnica de Feulgen, macerando posteriormente en una gota de orceína lacto–acética. Los preparados se hicieron permanentes con el método de congelación, utilizando Euparal como medio de montaje. El idiograma fue confeccionado siguiendo a Levan & al. (1964). El índice centromérico se calculó con la fórmula:

Ic= longitud del brazo corto x 100/ longitud total del cromosoma.

Cardiospermum pterocarpum (secc. *Cardiospermum*). Argentina. Corrientes. Dep. Concepción, Ea. Millán, Ruta 17, 7 Km E de Santa Rosa, 30.XI.1978, Arbo & Ferrucci 2193 (CTES).

C. grandiflorum (secc. *Ceratadenia*). Argentina. Corrientes. Dep. Capital, Corrientes, 25.VIII.1978, Ferrucci 32 (CTES).

C. integerrimum (secc. *Ceratadenia*). Brasil. Bahia. Mun. Ilhéus, área do CEPEC (Centro de Pesquisas do Cacau), Km 22 da Rodovia Ilhéus/Itabuna (BR 415), região de Mata Higrófila Sul Baiana, 50 m s. m., Quadra E, 4. XII. 1984, T.S. dos Santos 3957 (CTES).

Diplokeleba floribunda. Argentina. Corrientes. Dep. San Luis del Palmar, Ruta 5, 18 Km SE de San Luis del Palmar, 2.XI.1979, Vanni, Ferrucci & Schinini 109 (CTES).

Resultados

Cardiospermum pterocarpum. 2n= 22 (Fig. 2, A–B). El cariotipo está compuesto por 16 metacéntricos (pares 1 al 8) y 6 submetacéntricos (pares 9 al 11). El cromosoma más largo corresponde al par 1 con un promedio de longitud de 2.4 μm, mientras que el más corto corresponde al par 8, con 1.13 μm, ambos metacéntricos.

C. integerrimum. 2n= 14 (Fig. 1, A–B). El cariotipo está compuesto por 8 metacéntricos (pares 1 al 4), 2 submetacéntricos (par 5), 2 subtelocéntricos (par 6) y 2 acrocéntricos (par 7). El cromosoma más largo corresponde al par 1 con un promedio de longitud de 4.36 μm, mientras que el más corto corresponde al par 7, con 2.57 μm.

C. grandiflorum. 2n= 20 (Fig. 1, C–D). El cariotipo está compuesto por 16 metacéntricos (pares 1 al 8) y 4 submetacéntricos (pares 9 al 10). El cromosoma más largo corresponde al par 1 con un promedio de longitud de 2.87 μm, mientras que el más corto corresponde al par 8, con 1.45 μm, ambos metacéntricos.

Cuadro I. Caracterización cromosómica de las tres especies de *Cardiospermum*.

Especie	2n	Cariotipo (n)	X Ic	X L. cr.	L.G.
C. pterocarpum	22	8m + 3sm	41.31	1.66 μm	18.34 μm
C. integerrimum	14	4m + 1sm + 1st + 1t	33.63	3.3 μm	23.1 μm
C. grandiflorum	20	8 m + 2sm	42.11	2.2 μm	22.06 μm

X Ic = Promedio del índice centromérico; $Ic = \frac{100 \times s}{c}$

L.G. = Longitud del genoma.

Si comparamos los resultados presentados en el cuadro I, de las 3 especies de *Cardiospermum* estudiadas, *C. pterocarpum* presenta una relativa semejanza con *C. grandiflorum*, en cuanto a la simetría del cariotipo. Sin embargo *C. pterocarpum* posee cromosomas más pequeños (1.66 μm de promedio), siendo también notable la diferencia en la longitud del genoma entre ambas especies.

Por otro lado *C. integerrimum* 2n= 14, y *C. grandiflorum*, 2n= 20, a pesar de la diferencia en el número cromosómico presentan similitud en lo que respecta a la longitud del genoma.

El grado de asimetría del cariotipo en *C. integerrimum*, es un carácter que la diferencia de las otras 2 especies estudiadas, como así también su número cromosómico más bajo.

Cardiospermum integerrimum, 2n = 14, presenta el valor promedio más alto de longitud de cromosomas (3.3 μm), mientras que *C. pterocarpum*, 2n = 22, posee el valor promedio más bajo (1.66 μm).

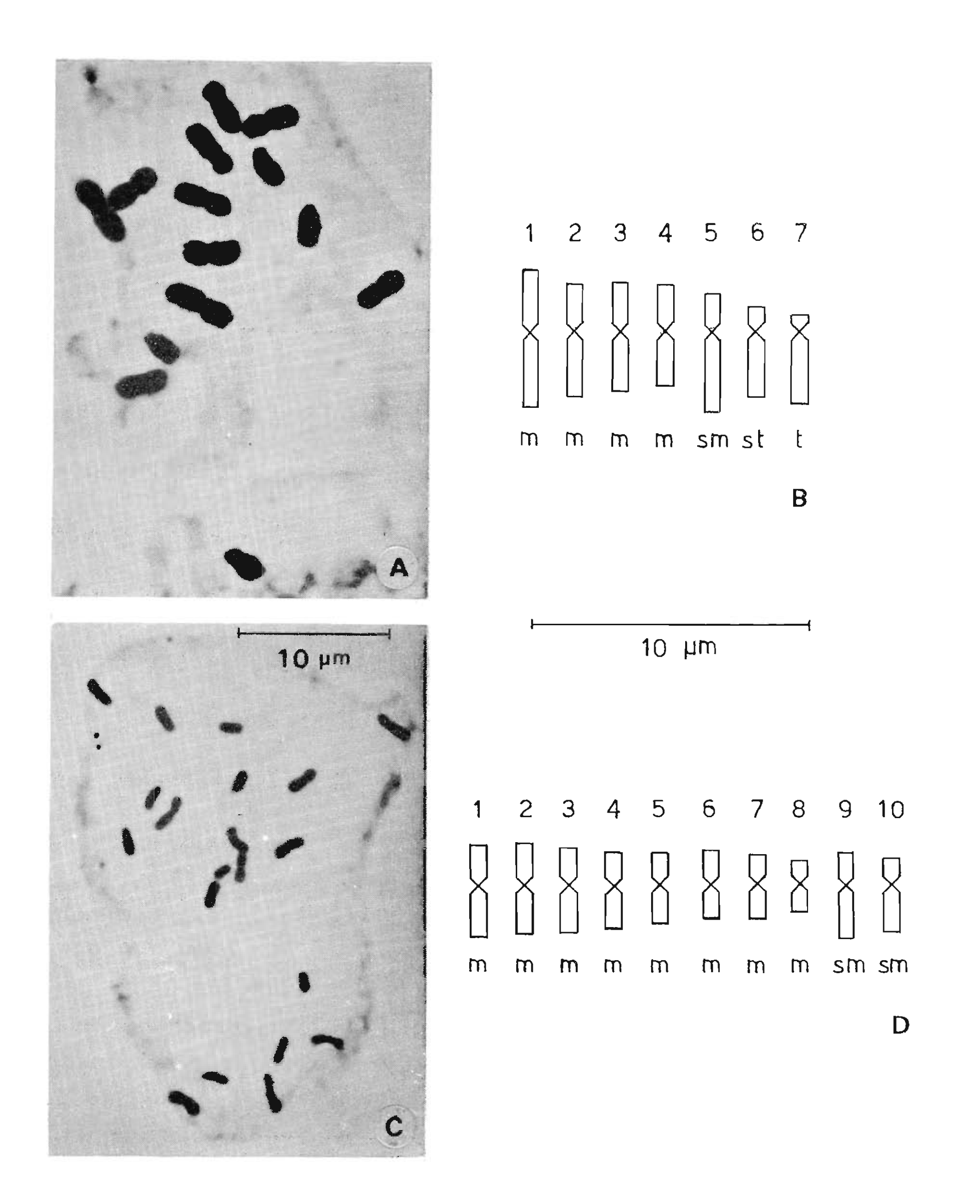


Fig. 1. A, *Cardiospermum integerrimum*, metafase mitótica (2n = 14). B, idiograma del complejo haploide. C, *C. grandiflorum*, metafase mitótica (2n = 20). D, idiograma del complejo haploide.

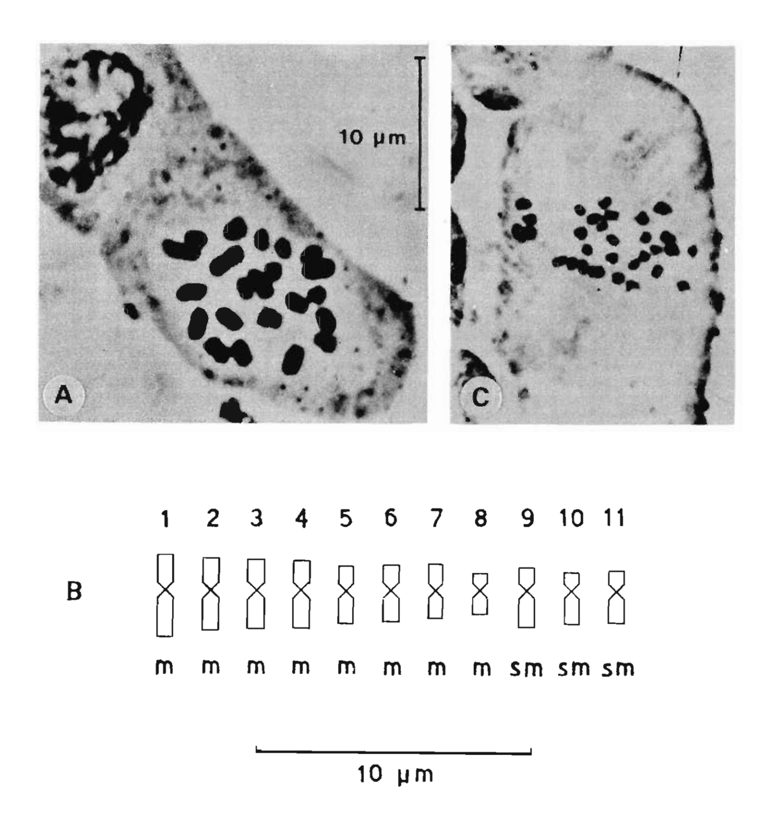


Fig. 2. A, *Cardiospermum pterocarpum*, metafase mitótica (2n = 22). B, idiograma del complejo haploide. C, *Diplokeleba floribunda*, metafase mitótica (2n = 30).

Diplokeleba floribunda, 2n = 30 (Fig. 2, C), es una especie arbórea a diferencia de las especies de *Cardiospermum* que son trepadoras herbáceas o hierbas erectas, por excepción subarbustos decumbentes. Aunque el material estudiado no permitió determinar el cariotipo, se trata de cromosomas pequeños cuyas medidas oscilan entre 0.62 μm y 1.25 μm. Estas características concuerdan con la observación de Stebbins (1971) en el sentido de que las Angiospermas arbóreas tienen en su mayoría cromosomas pequeños.

Discusión

Cardiospermum pterocarpum, especie conocida para Brasil (Minas Gerais y Mato Grosso do Sul), Paraguay oriental y Argentina (NE de Corrientes) pertenece a la sección *Cardiospermum* (Radlkofer, 1932). Comparte con la especie afín *C. procumbens* Radlk. la presencia de arilo carnoso en la semilla, carácter que las diferencia de las restantes especies de la sección que presentan arilo seco. El recuento obtenido en este material, 2n= 22, apoya su posición en la sección ya que coincide con el número citado para otras dos especies de la misma.

Cardiospermum integerrimum y *C. grandiflorum* son las únicas especies de la sección *Ceratadenia* (Radlkofer, 1878). La primera parece ser endémica de Bahia, Brasil, donde vive en la "mata higrófila", mientras que *C. grandiflorum* vive en Africa y América, donde su área se extiende desde México hasta el centro de Argentina. Estas especies que se separan entre otros caracteres por el fruto, semilla y granos de polen, presentan también notables diferencias citológicas. La comparación de ambos cariotipos indica que existe variación en número, tamaño y morfología de los cromosomas, aunque no hay diferencia apreciable en la longitud total del genoma. Sobre la base del criterio de Stebbins (1971), quien propone para las plantas superiores una tendencia general de que a un aumento de asimetría del cariotipo se asocia una creciente especialización, el cariotipo más asimétrico de *C. integerrimum* podría interpretarse como un carácter más evolucionado con respecto al cariotipo de *C. grandiflorum*.

Sin embargo la presencia de un número básico presuntamente primitivo en *C. integerrimum* me anima a discutir el valor evolutivo de los principales caracteres morfológicos que permiten reconocer estas dos especies y de aquellos que las diferencian del resto del género.

Los folíolos con margen entero de *C. integerrimum* se contraponen a los folíolos dentados de *C. grandiflorum*. *Cardiospermum integerrimum* es la única especie del género con margen entero, carácter que es interpretado como primitivo respecto a margen dentado o lobado (Hickey & Wolfe, 1975). Ambas especies tienen hoja bicompuesta. Dentro del género la variabilidad del tipo de hoja presenta la siguiente tendencia evolutiva: hoja bicompuesta (7 especies), hoja compuesta (6 especies) y hoja simple triloba (1 especie).

Cardiospermum integerrimum con cinco sépalos se diferencia de *C. grandiflorum* con cuatro sépalos, en esta última especie se observa una reducción del número de sépalos por soldadura de los dos sépalos internos posteriores. Dentro del género ocho especies presentan el carácter primitivo cáliz pentámero, mientras que en las otras seis especies el cáliz es tetrámero.

Cardiospermum integerrimum y *C. grandiflorum* se reconocen dentro del género por sus flores con dos glándulas nectaríferas corniculiformes, carácter que interpreto como una especialización, propia de esta sección, mientras que las restantes especies poseen cuatro glándulas nectaríferas breves.

Cardiospermum integerrimum y *C. grandiflorum* presentan inflorescencias racemiformes con numerosos cincinos. Dentro del género la tendencia evolutiva va desde inflorescencias con numerosos cincinos hasta inflorescencias con un único verticilo de cincinos (trímero, dímero o por excepción un único cincino).

Cariológicamente *C. integerrimum*, 2n= 14, se diferencia de *C. grandiflorum*, 2n= 20, no sólo por el número básico sino también por el grado de simetría del cariotipo. Si consideramos que el número básico original para Angiospermas parece claramente haber sido x= 7 (Raven, 1975), x= 7 presente en *C. integerrimum* sería un carácter primitivo respecto a x= 10 presente en *C. grandiflorum*. Con la información obtenida hasta el momento *Cardiospermum* contaría con 3 números básicos, x = 7, x= 10 y x= 11, este último

número presente en tres especies de la secc. *Cardiospermum.*

La comparación de la morfología de *C. integerrimum* y *C. grandiflorum* y su relación evolutiva dentro del género se resume en los cuadros II y III.

Cuadro II. Caracteres comunes a *C. integerrimum* y *C. grandiflorum* (a la izq.), mostrando la tendencia evolutiva.

1. Hoja bicompuesta	⇒	Hoja compuesta	⇒	Hoja simple triloba
2. Flores con 2 nectarios corniculiformes			⇐	Flores con 4 glándulas nectaríferas breves.
3. Inflorescencias con numerosos cincinos			⇒	Inflorescencias con un único verticilo de cincinos.

Como corolario puedo decir que *C. integerrimum* a pesar de presentar un cariotipo asimétrico es una especie con caracteres interpretados como primitivos.

El número básico x= 7 hallado en *C. integerrimum*, constituye el número haploide más bajo conocido para *Sapindaceae*. Este nuevo dato apoya la hipótesis de que para Sapindales el número básico original es x= 7, con una temprana evolución a x= 14 y de éste a x= 13 (Raven, 1975). En el orden Sapindales hasta ahora sólo especies de tres géneros presentaban 2n= 14, *Dobinea vulgaris* F. Hamilton ex D. Don (Mehra & Khosla, 1969; Mehra & al., 1972) y *Campylopetalum siamense* Forman (Forman, 1953), ambas Anacardiáceas del sur de Asia y dos especies de Rutáceas australianas, *Boronia megastigma* Nees y *B. pulchella* Turcz. (Smith–White, 1954).

Cuadro III. Caracteres diferenciales entre *C. integerrimum* y *C. grandiflorum*, mostrando la tendencia evolutiva.

C. integerrimum		*C. grandiflorum*
1. Folíolos con margen entero	⇒	Folíolos dentados
2. Cáliz pentámero	⇒	Cáliz tetrámero
3. x = 7	⇒	x = 10
4. Cariotipo asimétrico	⇐	Cariotipo simétrico

El fruto y la semilla, que permiten reconocer a *C. integerrimum*, son a continuación brevemente analizados y relacionados con las demás especies del género, aunque no me permiten establecer una dirección evolutiva.

Cardiospermum integerrimum se diferencia de sus congéneres por la textura subleñosa del pericarpo, carácter que debe estar íntimamente relacionado con el considerable tamaño de la semilla; las especies restantes del género tienen pericarpo membranáceo o cartáceo. La forma particular del fruto de *C. integerrimum*, inversamente piramidal, trialado (carpelo plegado en la parte superior determinando un ala dorsal), con estípite desarrollado, permite reconocerlo dentro del género. Aunque en las restantes especies de *Cardiospermum* la forma del fruto es muy variada, en ninguna de ellas este carácter coincide con la forma presentada en *C. integerrimum*.

Las semillas de *C. integerrimum* de 17–20 mm de diámetro son de un tamaño muy superior al de las restantes especies del género (3–5 mm) y unas de las más grandes dentro de la familia, junto con las de géneros de tribus consideradas más primitivas. Sin embargo el gran tamaño de la semilla y el embrión con abundan-

tes materiales de reserva pueden interpretarse como caracteres adaptativos que están correlacionados con el medio ambiente (Foster, 1986).

Finalmente, debo decir que se mantiene por ahora, con cautela, a *C. integerrimum* dentro de *Ceratadenia* hasta contar con un estudio completo del género, no descartando una futura segregación en una sección independiente.

Respecto a *Diplokeleba*, es un género de *Cupanieae*, tribu interesante por su distribución pantropical y por reunir el mayor número de géneros, cerca de 45. *Cupanieae* es poco conocida cariológicamente ya que hasta el presente se habían practicado recuentos en cuatro géneros: *Cupania* L. (Ferrucci, 1981), *Blighia* K. König (Mangenot, S. & G. Mangenot, 1957, 1958, 1962; Sarkar & al. 1982), *Phialodiscus* Radlk. (Mangenot, S. & al. 1957), todos con 2n= 32 y *Aporrhiza* Radlk. 2n= 28 (Mangenot, S. & G. Mangenot, 1957, 1962).

Muller & Leenhouts (1976) consideran a *Diplokeleba* el género más primitivo dentro de la tribu basándose en los caracteres exomorfológicos y el tipo de polen. Sin embargo el presente aporte cariológico me permitiría descartar a *Diplokeleba* como género más primitivo, ya que el número básico x= 15, sería derivado probablemente a partir de x= 16. Esta posición se sustentaría con la interpretación del valor evolutivo de dos caracteres morfológicos:

La presencia de semillas aladas en este género, únicas dentro de la tribu y con un solo ejemplo más en la familia (*Magonia* St. Hil.), representa una especialización teniendo en cuenta el criterio de Corner (1954, 1976).

El disco floral nectarífero bicupular, sólo comparable al del género africano *Lychnodiscus* Radlk., sería en mi opinión un carácter derivado respecto al disco nectarífero sencillo presente en las restantes especies de la tribu.

Agradezco al Ing. Agr. A. Fernández el asesoramiento citológico brindado para la realización de este trabajo como así también sus sugerencias y la lectura crítica del manuscrito. También deseo agradecer al Dr. L.A. Mattos Silva, Curador del Herbário Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC) quien tuvo la deferencia de enviarme las semillas de *C. interregimum*.

Bibliografía

Bowden, W.M. 1945. A list of chromosome numbers in higher plants. II. *Menispermaceae* to *Verbenaceae*. Amer. J. Bot. 32(4): 191–201, figs. 121–204.

Corner, E.J.H. 1954. The durian theory extended – II. The arillate fruit and the compound leaf. Phytomorphology 4 (1–2): 152–165.

———— 1976. The seeds of dicotyledons. Cambridge University Press, Great Britain.

Diers, L. 1961. Der Anteil an Polyploiden in den Vegetationsgürteln der Westkordillere Perus. Z. Bot. 49(5): 437–488, abb. 1–6, tab. 1–15.

Ferrucci, M.S. 1981. Recuentos cromosómicos en Sapindáceas. Bonplandia 5 (11): 73–81, lám. 1–3.

Forman, L.L. 1953. A new genus from Thailand. Kew Bull. 4: 555–563, figs. 1–2.

Foster, S.A. 1986. On the adaptive value of large seeds for tropical moist forest trees: A review and synthesis. The Botanical Review 52(3): 260–299, fig. 1, tab. 1–2.

Guervin, C. 1961. Contribution à l' étude cyto-taxinomique des Sapindacées et caryologique des Mélianthacées et des Didiéréacées. Rev. Cytol. Biol. Vég. 23(1): 49–86, pl. 1–4.

Hickey, L.J. & J.A. Wolfe. 1975. The bases of Angiosperm phylogeny: Vegetative morphology. Ann. Missouri Bot. Gard. 62(3): 538–589, figs. 1–21, tab. 1–2.

Kadry, A. 1951. Chromosome behaviour in *Cardiospermum halicacabum* L. Svensk Bot. Tidskr. 45(2): 414–416, figs. 1–10.

Koul, A.K., A.K. Wakhlu & J.L. Karihaloo. 1976. Chromosome numbers of some flowering plants of Jammu (Western Himalayas). 1. Chromosome Information Service 20: 30–31.

Levan, A., K. Fredga & A.A. Sandberg. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. Hereditas 52(2): 201-220, figs. 1–3, tab. 1–3.

Mangenot, S. & G. Mangenot. 1957. Nombres chromosomiques nouveaux chez diverses Dicotylédones et Monocotylédones d' Afrique occidentale. Bull. Jard. Bot. Etat 27(4): 639–654.

---------- 1958. Deuxième liste de nombres chromosomiques nouveaux chez diverses Dicotylédones et Monocotylédones d' Afrique occidentale. Bull. Jard. Bot. Etat 28(4): 315–329.

---------- 1962. Enquête sur les nombres chromosomiques dans une collection d' espèces tropicales. Rev. Cytol. Biol. Vég. 25 (3–4): 411–447, tab. 1–4.

Mangenot, S., G. Mangenot, G. Foutrel & G. de la Mensbruge. 1957. Sur les nombres chromosomiques de 150 espèces d' Angiospermes d' Afrique tropicale. Compt. Rend. Hebd. Séances Acad. Sci. 245: 559–562.

Mehra, P.N. & P.K. Khosla. 1969. IOPB Chromosome number reports XX. Taxon 18: 215–220.

Mehra, P.N., P.K. Khosla & T.S. Sareen. 1972. Cytogenetical studies of Himalayan *Aceraceae, Hippocastanaceae, Sapindaceae* and *Staphyleaceae*. Silvae Genet. 21(3–4): 96–102, figs. 1–30, tab. 1.

Muller, J. & P.W. Leenhouts. 1976. A general survey of pollen types in *Sapindaceae* in relation to taxonomy. In: I.K. Ferguson & J. Muller, The evolutionary significance of the exine. Linnean Soc. Symp. Ser. 1: 407–445, figs. 1–5, tab. 1–2, pl. 1–12.

Radlkofer, L. 1878. Ueber *Sapindus* und damit in Zusammenhang stenhende Pflanzen. Sitzungsber. Math.–Phys. Cl. Königl. Bayer. Akad. Wiss. München 8: 221–408.

---------- 1932. *Sapindaceae*, in Engler, Pflanzenr. IV. 165: 371–372.

Raven, P.H. 1975. The bases of Angiosperm phylogeny: Cytology. Ann. Missouri Bot. Gard. 62(3): 724–764, tab. 1–2.

Sarkar, A.K., N. Datta, U. Chatterjee and Hazra. 1982. IOPB Chromosome number reports LXXVI. Taxon 31(3): 576–579.

Smith–White, S. 1954. Chromosome numbers in the *Boronieae (Rutaceae)* and their bearing on the evolutionary development of the tribe in the Australian flora. Austral. J. Bot. 2(3): 287–303, figs. 1–54, tab. 1–3.

Stebbins, G.L. 1971. Chromosomal evolution in higher plants. Addison–Wesley Publ. Co., Reading, Massachusetts.

Sugiura, T. 1931. A list of chromosome numbers in angiospermous plants. Bot. Mag. (Tokyo) 45 (535): 353–355.